Hitelintézeti Szemle, 18. évf. 1. szám, 2019. március, 91–127. o.

A kontraszelekció hatása a tőzsdei specialisták árjegyzési stratégiájára*

Muratov-Szabó Kira – Váradi Kata

Tanulmányunk a tőzsdei kereskedésben jelentős szerepet játszó specialisták árjegyzésének modellezése olyan modellkeretben, amelyben a tranzakciókban részt vevő felek lehetnek informáltak és nem informáltak, vagyis likviditáskereskedők. Ezen kontraszelekciós modellkeretben Monte Carlo-szimuláció segítségével kerestük a következő kutatási kérdéseinkre a választ: a kontraszelekció miképpen hat a specialisták árjegyzésére; a bizonytalanság milyen hatással van az árfolyamok és a loghozamok alakulására; a kereskedési volumenekből a specialisták milyen pontossággal tudják meghatározni az informáltak és a likviditáskereskedők arányát. A modellünkkel alá tudtuk támasztani, hogy amint csökkent a bizonytalanság a modellezett piacon, úgy nőtt a tranzakciók száma, a vagyon és a részvényállomány, miközben csökkent az árfolyamok ingadozása, a loghozamok szórása és a loghozamok eloszlása egyre jobban közelítette a normális eloszlást, mely a piac hatékonyságának javulását mutatta.

Journal of Economic Literature (JEL) kódok: G12, G14, G17

Kulcsszavak: specialista, árjegyzés, kontraszelekció

1. Bevezetés

Tanulmányunkban a tőzsdei piacokon tevékenykedő specialisták árjegyzési stratégiáját vizsgáljuk. Specialista alatt olyan piacvezető személyt értünk a tőzsdei kereskedés során, akinek kizárólagos joga van vételi és eladási árat jegyezni egy adott termékben. A tanulmány alapját egyrészt *Kornis* (*2017*) munkája adta, aki az árjegyzői piacokon a specialista viselkedését, feltételezett stratégiáit vizsgálta, melyet mi a jegyzett volumen figyelembevételével egészítettünk ki. Másrészt *Caglio és Kavajecz* (*2006*) cikkére is épül a tanulmányunk, akik azt mutatták meg, hogy a specialista a jegyzett volument stratégiailag tudja használni a kontraszelekció kockázatának kezelésére. A kontraszelekció fogalma tanulmányunkban olyan értelemben jelenik meg, hogy a megbízást adó piaci szereplők egy része informált a termék várható

* A jelen kiadványban megjelenő írások a szerzők nézeteit tartalmazzák, ami nem feltétlenül egyezik a Magyar Nemzeti Bank hivatalos álláspontjával.

Muratov-Szabó Kira a Budapesti Corvinus Egyetem hallgatója. A tanulmány a 2017/2018-as tanévben leadott szakdolgozata alapján készült. Email: muratov.kira@gmail.com
Váradi Kata a Budapesti Corvinus Egyetem docense. Email: kata.varadi@uni-corvinus.hu

A magyar nyelvű kézirat első változata 2018. szeptember 24-én érkezett szerkesztőségünkbe.

DOI: http://doi.org/10.25201/HSZ.18.1.91127

árfolyam-elmozdulásával kapcsolatban, másik része pedig nem informált, vagyis likviditáskereskedő. A specialista azonban nem tudja az árfolyamjegyzés során, hogy az, aki a megbízást adja, informált-e vagy sem, így nem tudja, hogy pontosan milyen árat lenne érdemes jegyeznie. Összességében tanulmányunk az említett két kutatást köti össze, a következő kutatási kérdésekre keresve a választ a felépített új modellben:

- Milyen hatással van a kontraszelekció a specialista árjegyzésére?
- Hogyan alakulnak az árfolyamok és a loghozamok a bizonytalanság különböző szintjei mellett?
- Milyen pontossággal tudja a specialista az informált kereskedők arányáról való véleményét alakítani a tranzakciók volumene alapján?

A részben *Caglio és Kavajecz* (*2006*), részben pedig *Kornis* (*2017*) munkájára épített modell rengeteg új feltételezést és új módszert tartalmaz. Az előbbi elsősorban az elméleti hátteret biztosította, az utóbbi pedig a gyakorlati megvalósítás terén adott ötleteket. A modell szimulálásához egy programot[1] készítettünk Excelben, Visual Basic for Applications programozási nyelven.

Tanulmányunk a bevezetést követő második fejezetben összefoglalja a releváns nemzetközi szakirodalmat. A harmadik fejezet ismerteti *Caglio és Kavajecz* (*2006*) modelljét saját kiegészítéseinkkel, módszereinkkel bővítve, vizsgálva, hogy hogyan lehet bevonni a modellbe a kontraszelekció problémáját, kik azok az informált kereskedők, és kik a likviditáskereskedők, hogyan tudja őket a specialista azonosítani, és hogyan tudja maximalizálni a profitját. A negyedik fejezetben a szimuláció menete kerül röviden felvázolásra, előkészítve az ötödik fejezetet, mely a gyakorlati munka gyümölcseként a szimuláció során kapott eredmények statisztikai elemzéséről, az ábrák bemutatásáról, a következtetések levonásáról szól. A tanulmányt összefoglalás zárja, melyben összegezzük a bevezetőben feltett kérdésekre adott válaszokat.

2. Irodalmi áttekintés

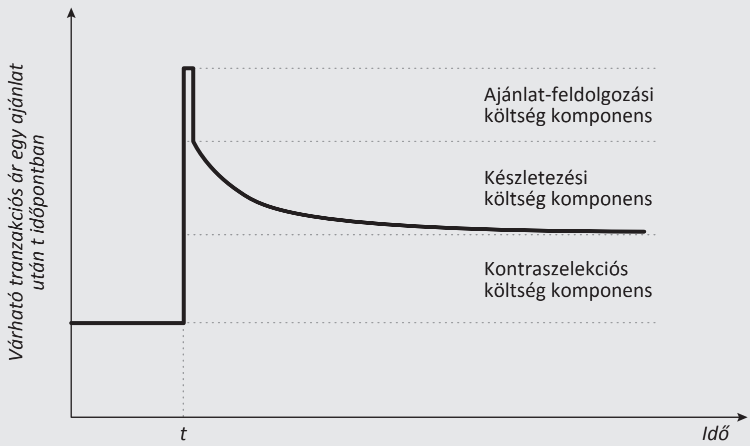
A pénzügyi piacokon folytatott kutatások jelentős része végső soron – más-más irányból megközelítve – mindig arra a kérdésre keresi a választ, hogy miképpen lehet a piaci árakat előre jelezni, ami alapján nyereséges kereskedési stratégia építhető fel. Ezen a területen az elmúlt évtizedekben teret nyert a piaci mikrostruktúra irodalma, mely nem a tényleges áralakulásokból próbál következtetést levonni a várható árfolyamalakulásra vonatkozóan, hanem azt nézi meg, hogy az egyes piacok működése hogyan hat az áralakulásra. Vizsgálják, hogy kik a piaci szereplők, milyen az informáltságuk, milyen a termékek jellege (pl. alaptermék vagy származtatott

[1] A program főbb elemeinek (szubrutinok és függvények) kódjai megtalálhatók a tanulmány függelékében.

termék), tehát a piaci mikrostruktúra elemei alapján próbálnak következtetni a piaci hatékonyságra, illetve az árfolyam-alakulásra (*O'Hara 1995*).

A piaci mikrostruktúra egyik központi fogalma a piaci likviditás. Ez alatt azt értjük, hogy egy adott terméket milyen gyorsan lehet minél kisebb árhatással eladni vagy megvenni egy adott volumenben. Ezt általában mind a gyakorlati szakemberek, mind a tudományos kutatások a bid-ask spreaddel közelítik meg, ami a likviditás tranzakciós költségének mérőszáma, és a legjobb vételi és eladási ár közötti különbséget jelenti. *Foucault et al.* (*2013*) alapján a piaci mikrostruktúra egyik alapvető gondolata, hogy a bid-ask spread 1) kontraszelekciós (adverse selection), 2) készletezési (inventory control) és 3) ajánlat-feldolgozási (order-processing) költségekből épül fel (*1. ábra)*, hiszen ezen költségekkel néz szembe a specialista a kereskedés lebonyolításakor, és az árak jegyzése során ezeket a költségeket hárítja át a piaci szereplőkre.

1. ábra
A tranzakciós költség komponensei



Forrás: Foucault et al. (2013), 121.o.

1. Kontraszelekciós költség: Mivel a jól informált kereskedők akkor vásárolnak, ha a jegyzett ár túl alacsony, és akkor adnak el, ha a jegyzett ár túl magas az információk szerint, ezért a specialista kontraszelekciós költségeknek van kitéve.

2. Készletezési költség: A folytonos piacokon a likviditási kereskedőktől érkező vásárlási és eladási ajánlatok nem egyidejűleg érkeznek, aminek következtében az ajánlatok között ideiglenes egyenlőtlenség alakul ki. A specialista feladata, hogy saját készlete terhére egyensúlyt teremtsen a kereslet és a kínálat között, miközben idővel a nettó pozíciója zéró. Ez a szerep azonban a specialistát készletezési kockázatnak teszi ki, hiszen a készletének értéke megváltozhat, például az

eszközt érintő új információk, hírek miatt. Ennek okán a specialista készletezési költséget követel meg.

3. Ajánlatfeldolgozási költség: A kereskedési díjért, elszámolási és kiegyenlítési díjért, papírmunkáért, telefonálási időért és hasonlókért a specialista úgynevezett ajánlatfeldolgozási költséget számol fel.

Összességében tehát ezek a költségek végső soron a többi piaci szereplőt terhelik tranzakciós költségek formájában, ami maga a bid-ask spread (*Foucault et al. 2013*).

A tranzakciós költségek problémáját először *Demsetz* (*1968*) formalizálta. Úgy kezelte a bid-ask spreadet, mint az azonnali kereskedésre való lehetőség költségét. *Bagehot* (*1971*) megállapította, hogy a specialista (legalább) kétféle kereskedővel találhatja szemben magát: informált, illetve likviditási kereskedőkkel. Az informált kereskedők olyan nem publikus információkkal rendelkeznek, melyek segítségével pontosabban tudják megbecsülni az értékpapír jövőbeni árfolyamát, mint a likviditási kereskedők és maga a specialista. Mivel ezeknek a különleges információt birtokló kereskedőknek van lehetőségük arra, hogy ne kössenek üzletet a specialistával, a specialista sosem fog tudni nyerni velük szemben, legfeljebb veszíthet. Ezzel szemben a likviditási kereskedőkkel folytatott tranzakciókban nyerhet, mivel ezek a piaci szereplők hajlandók egy „díjat" fizetni az azonnali kereskedelem eléréséhez.

Ezt a két gondolatot fogta össze *Copeland és Galai* (*1983*), akik tanulmányukban a bid-ask spreadet „tradeoff"-ként modellezték, amely a specialistát az informált kereskedőktől várható veszteségekért a likviditási kereskedőktől várható nyereségekkel kárpótolja. Erre a koncepcióra épített *Glosten és Milgrom* (*1985*). Modelljük segítségével bemutatták, hogyan nő a spread a kontraszelekció hatására. A specialista a feltételezéseik szerint kockázatsemleges, versengő, valamint a várható profitja nulla. Mindezek mellett végtelen nagyságú készlettel rendelkezik mind pénzből, mind részvényből. A kutatásuk alapján *Kornis* (*2017*) az alábbi öt fontos feltételezést vonta le:

- A jegyzett vételi és eladási árfolyam közrefogja azt az árat, amely abban az esetben alakulna ki, ha minden kereskedő pontosan annyi információval rendelkezne, mint a specialista.
- A ténylegesen létrejött tranzakciók árfolyama egy martingál-folyamatot alkot[2].
- A kontraszelekcióból származó spread korlátos.
- A specialista és az informált kereskedők várakozásai az árfolyamra vonatkozóan konvergálnak.

[2] A martingál-folyamatokról részletesebben lásd: *Doob* (*1971*)

- Általánosságban nő az eladási és csökken a vételi árfolyam akkor, ha a bennfentes információ javul, ha az informált kereskedők aránya a nem informáltakéhoz képest megnő, vagy ha megnő a likviditási kereskedők várható keresleti és kínálati rugalmassága.

Az eddig tárgyalt irodalmakban a hangsúly végig a bid-ask spread nagyságán volt. A spread azonban, ahogyan azt *Harris* (*1990a*) megjegyezte, a piaci likviditásnak csak az egyik dimenziója. *Harris* (*1990a*) így definiálta a likviditást: „A piac likvid, amennyiben a kereskedők akkor tudnak alacsony tranzakciós költségek mellett, nagy mennyiségben vásárolni és eladni részvényeket, amikor csak akarnak. A likviditás valamely kereskedő hajlandósága arra, hogy alacsony költség ellenében átálljon a kereskedés másik oldalára, melyet valaki más kezdeményezett.” Vagyis a bid-ask spreaden felül a forgalom is egyik mérőszáma lehet a likviditásnak. A likviditási mérőszámokat teljeskörűen *von Wyss* (*2004*) foglalta össze.

A NYSE-n (New York Stock Exchange) a specialista teljes ajánlata tartalmazza mind a vásárlás, mind az értékesítés számára elérhető legjobb árajánlatot, ahogyan a legjobb áron az elérhető részvények számát is, más néven a mélységet (depth). Ha a specialista úgy véli, megnő annak a valószínűsége, hogy az egyes kereskedők bennfentes információval rendelkeznek, akkor arra a bid-ask spread növelésével válaszolhat. Alternatív megoldásként azzal is védheti magát, hogy alacsonyabb volument nyújt kereskedésre minden jegyzett árnál (*Lee et al. 1993*).

Kyle (*1985*) definiálta először a likviditást a feszesség, mélység és szélesség (statikus dimenziók), valamint a piaci rugalmasság (dinamikus dimenzió) fogalmak használatával. Az azonnaliság (szintén dinamikus) dimenziója *Harris* (*1990b*) nevéhez köthető, a diverzitást pedig már *Kutas és Végh* (*2005*) értelmezte külön, új dimenzióként. Így annak okán, hogy a piaci likviditás többdimenziós, meglepő, hogy a szakirodalom nagy része mégis csak a spreadre fókuszál. Számos kontraszelekció mellett vizsgált árjegyzési modell azzal a feltétellel hagyja figyelmen kívül a mélységet, hogy megköveteli, hogy minden kereskedés (és ezáltal a jegyzések is) ugyanazon volumen mellett történjen. Erre láthatunk példát *Copeland és Galai* (*1983*)*, Glosten és Milgrom* (*1985*) *és Easly és O’Hara* (*1992*) modelljében. Azok a modellek, melyek megengedik a különböző volumenű kereskedést, mint *Kyle* (*1985*) és *Rock* (*1989*), tipikusan azt feltételezik, hogy a specialista teljes árjegyzést végez. Ezen modellekben az árral és volumennel kapcsolatos információk egyaránt szükségesek az árjegyzés likviditásának implicit értékeléséhez.

Lee és társai (*1993*) megmutatták, hogy a specialista aktívan kezelheti az információs aszimmetria kockázatát mind a spread, mind a mélység módosításával. Eredményük kiemeli a mennyiségi dimenzió fontosságát, amit a korábbi modellek elhanyagoltak, s hangsúlyozza azt a tényt, hogy a spread és a mélység együttesen okoz egyértelmű változást a likviditásban. Vagyis a spread szélesedése (szűkülése) a mélység csökkenésével (növekedésével) kombinálva elegendő, hogy csökkenést (növekedést) váltson ki a likviditásban.

Kavajecz (*1999*) tanulmányában szintén a kontraszelekciós problémából származó kockázat csökkentésével foglalkozott, méghozzá a jegyzett volumen irányából. Az alábbi négy fontos következtetés vonható le az eredményeiből:

- Ha a jegyzés módosul, akkor az esetek kilencven százalékában a specialista megváltoztatja a jegyzett mennyiséget (is), sőt, az esetek ötven százalékában csak a volumen tekintetében változik meg a jegyzés, az árfolyam egyáltalán nem mozdul el. Ebből adódóan a specialista aktívan kezeli saját készletét akkor is, amikor az ár nem változik.
- Ha a piacon túlnyomó többségben vannak a jól informált kereskedők, akkor a specialista jegyzése nagy eséllyel az ajánlati könyv tetejét tükrözi saját készlete helyett. Így biztosítja, hogy egy beérkező piaci áras ajánlat nem saját készletének terhére fog teljesülni, hanem a könyvben lévő legjobb limitáras ajánlatokkal párosul.
- A jegyzett volumenek konzisztensek a specialista saját részvényállományának nagyságával, tehát stratégiájában a mennyiség meghatározása is szerepet játszik.
- Amennyiben új információ kerül nyilvánosságra, akkor mind a specialista, mind a kereskedők csökkentik ajánlataik volumenét.

E gondolat mentén továbbhaladva a *Dupont* (*2000*) cikkében a stilizált elméleti keret azt mutatja, hogy a monopolista helyzetben lévő, kockázatsemleges specialista arányosan jobban szűkíti a jegyzés mélységét, mint ahogyan a spreadet szélesíti, amikor a kontraszelekció növekedésére reagál, vagyis az egyensúlyi mélység arányosan érzékenyebben reagál a kontraszelekció változására, mint a spread. A mélység és a spread helyettesítési rugalmassága – tekintettel a bennfentes kereskedő rendelkezésére álló információk minőségére – a piaci kondícióktól függ, melyeket az információs aszimmetria, az eszköz volatilitása és a likviditás iránti kereslet erőssége határoz meg. Ez az elaszticitás a végtelenhez közelít, ha a piaci kondíciók vagy rendkívül kedvezőkké (a mélység a végtelenig bővül, miközben a spread pozitív marad), vagy rendkívül kedvezőtlenekké válnak (a mélység a nullát közelíti, miközben a spread véges marad). Az, hogy az informált kereskedő kockázatsemleges vagy kockázatelutasító, nem befolyásolja alapvetően az eredményeket.

Kavajecz és Odders-White (*2001*) *szerzőpáros* azt elemezte, hogy a specialista hogyan frissíti az árjegyzést egy szimultán egyenlet modellben. Arra az eredményre jutottak, hogy az ajánlati könyv legjobb áraiban és volumeneiben végbemenő változások szignifikáns hatást gyakorolnak az árjegyzésre, míg a tranzakciók és más tevékenységek csak másodlagosak. Ezenfelül rámutattak arra, hogy a specialista másképpen vizsgálja felül a jegyzett árakat és a jegyzett volumeneket. Például a jegyzett volumenek bármilyen méretű tranzakció hatására változnak, míg a jegyzett árfolyamok csak akkor, ha a tranzakciók mérete meghaladja a mélységet. Arra nem találtak bizonyítékot, hogy a specialista készletét érintő változások hatására is változik-e az árjegyzés.

Caglio és Kavajecz (*2006*) tett először kísérletet annak megvizsgálására, hogy a likviditás mennyiségi dimenziójának, azaz a mélységnek a szabályozása okoz-e specifikációs hibát a spread dekompozíciós modelljében. Amit meg kell érteni, az az, hogy csupán a bid-ask spreadben végbemenő változások elegendők-e önmagukban a kontraszelekció nagyságának meghatározására. Más szavakkal: a mélység módosulásának mértéke redundáns információ-e a dekompozíciós eljárásokban?

A szerzők egy egyszerű szekvenciális kereskedési modellt állítottak fel, mely egyedi, analitikus megoldást kínál a specialista optimalizációs problémájára, vagyis arra, hogy hogyan válassza meg az árakat és a volumeneket profitja maximalizálására. A modell a spread kontraszelekciós komponensében bekövetkező változásokat méri, melyek az informált kereskedés különböző szintjei során keletkeznek. Megmutatták, hogy a specialista a jegyzett volument stratégiailag tudja használni a kereskedelmi környezet változásának, illetve a kontraszelekció kockázatának kezelésére. Az eredmény konzisztens a ténnyel, miszerint ha a jegyzés módosul, akkor – hozzávetőlegesen az esetek ötven százalékában – a specialista megváltoztatja a jegyzett mennyiséget, de az árat nem, ahogyan ezt már láttuk korábban is (*Kavajecz 1999*). Ezt az elméleti keretet használva, két szcenáriót vizsgálva szimulálták a modellt. Az egyikben a specialista nincs korlátozva az árjegyzés szempontjából, a másikban viszont a jegyzett volumenek korlátozottak a maximális likviditási kereskedelemmel. Szimulált sorozatot alkalmazva, a két esetre három dekompozíciós modell becslését hasonlították össze. Úgy találták, hogy a spread komponensekre bontása nem képes megragadni a kontraszelekciós kockázat teljes mértékét, amikor a specialista korlátok nélkül határozhatja meg a mélységet. A megoldás az, hogy a kutatóknak olyan kontraszelekciós intézkedéseket kell alkalmazniuk, melyek e probléma enyhítésének céljából figyelembe veszik a mélységet is és a spreadet is.

3. A modell

A modell alapjául *Caglio és Kavajecz* (*2006*) munkája szolgált, melyet új elemekkel és módszerekkel egészítettünk ki:

1. Caglio és Kavajecz (2006) feltételezésének megfelelően*:*

a. feltételezzük, hogy az eloszlások, mint például az elemzett eszköz kifizetéseinek eloszlása, normális.

b. megadjuk a paraméterek értékeit (például a mennyiségi adatokat).

2. Saját, új feltételezéseink a specialista passzív árjegyzése során:

   a. a specialistának a bid-ask spread aktuális mérete alapján javítania kell a jegyzésén attól függően, hogy átlépett-e egy előre megadott határt, vagy sem.

3. A modell összekötése *Kornis* (*2017*) munkájával, és ez alapján szimuláció készítése.

Az elemzési keret *Caglio és Kavajecz* (*2006*) alapján a következő: Tekintsünk egy szekvenciális kereskedési modellt, amelyben a kockázatos eszköz kifizetése egy Θ-val jelölt valószínűségi változó. A szerzők nem határozták meg az eszköz kifizetéseinek eloszlását, úgyhogy azzal a feltételezéssel éltünk, hogy Θ normális eloszlású, 100-as várható értékkel és 5-ös szórással. Az értékpapír végső értéke μ valószínűséggel Θ_1, és 1–μ valószínűséggel Θ_2, ahol $\Theta_1 < \Theta_2$. A szimulációt μ öt különböző értékére végeztük el: 0,49[3]; 0,4; 0,3; 0,2 és 0,1-re.

A kereskedők egyenletes eloszlást követnek a [0, 1] intervallumon, legyen e kereskedők λ része tökéletesen informált az értékpapír kifizetéséről, 1–λ része pedig ne birtokoljon semmiféle információt a kockázatos eszköz végső értékéről, ahol $0 < \lambda < 1$. A szimuláció során λ értékét 0,2-nek vettük.

A kereskedőkön felül van még egy szereplő a piacon, a kockázatsemleges, profitmaximalizáló specialista, aki a kockázatos eszköz árjegyzését a saját célja elérésére, s emellett a piaci szabályokat figyelembe véve végzi. A feladata egy vételi ár és mennyiség (bid price and size), valamint egy eladási ár és mennyiség (ask price and size) pár kihirdetése. Ezeknél a meghirdetett áraknál rosszabb árakon és mennyiségeken nem történik tranzakció. Ezenkívül a specialistának van saját véleménye λ-ról, melyet minden kereskedés után megújít, ezt λ_s-sel jelöltük.

3.1. Egy periódus alakulása

Caglio és Kavajecz (*2006*) egy periódust a következőképpen határozott meg. Elsőként a kockázatos eszköz kétféle kifizetési lehetősége megváltozik. Ezután a specialista meghatározza a jegyzett vételi és eladási árakat (b-vel és a-val jelölve, ahol egyensúlyban $b < a$), s ezekkel egyetemben a megfelelő vételi és eladási volumeneket (β-val és α-val jelölve). Ennek során figyelembe veszi a különféle kereskedőkkel való kereskedés valószínűségét, valamint az általuk óhajtott mennyiségeket az adott pénzügyi termékből, és természetesen a pénzügyi termék lehetséges kifizetéseit és várható értékét. A piaci szereplők populációjából egy véletlenszerűen választott személy elhatározza, hogy szeretne-e kereskedni vagy nem. Ha a kereskedő az igen mellett dönt, akkor kiválaszt egy mennyiséget, ami kisebb vagy egyenlő, mint a releváns mélység. Miután megtörtént a tranzakció, a specialista frissíti a korábbi véleményét az informált kereskedők arányáról, és felülvizsgálja a jegyzett ajánlatát.

[3] 0,5 helyett 0,49-et kell használni, hogy a későbbiekben el tudjuk kerülni a 0-val való osztást, mint például a 4. egyenlet esetében.

Az új ajánlat megszabása után következik egy újabb kereskedési kör, és ez a folyamat ismétlődik meghatározott időn keresztül.

Caglio és Kavajecz (*2006*) feltette, hogy minden kereskedőnek legfeljebb egyszer van lehetősége a kereskedésre. Annak okán, hogy az informált kereskedőnek tökéletes információja van a kockázatos eszköz végső értékéről, a kereslete elméletileg korlátlan, ha a specialista „félreárazta" az eszközt. Ennek a keresletnek a specialista jegyzett mennyiségei szabnak korlátot, tehát a modell kulcsa az, hogy az informált kereskedők a maximális mélységet fogják választani. Ebből kifolyólag a j-edik informált kereskedő az alábbiak szerint fog ajánlatot tenni:

$$q_j^i = \begin{cases} -\beta, & \text{ha } b > \theta^* \\ |\alpha|, & \text{ha } a < \theta^* \end{cases} \tag{1}$$

ahol Θ^* jelöli a kockázatos eszköz valódi értékét, illetve a *q* a volument jelöli. Figyelembe kell venni, hogy mivel a specialista vásárol (elad) a bid (ask) árakon, ezért a bid mélység pozitív, az ask mélység pedig negatív, vagyis $\beta_j > 0$ és $\alpha_j < 0$.

Mivel a nem informált kereskedők motivációját nem az információ vezérli, egy olyan csoportként lehet rájuk gondolni, mint akiknek különféle, exogén módon determinált motivációja és hajlama van a kereskedésre. A k-adik kereskedőt egy (e_k, r_k) páros írja le, mely reprezentálja az általa kereskedni óhajtott mennyiséget (endowment), és a rezervációs árát (reservation price). Az e_k pozitív (negatív) értékei azt jelentik, hogy a kereskedő eladni (vásárolni) szeretne egy bizonyos mennyiséget a kockázatos eszközből. Ezenfelül az r_k magas (alacsony) értéke azt mutatja, hogy a kereskedő magasra (alacsonyra) értékeli az eszközt. Ennélfogva minden egyes nem informált kereskedő a következő stratégia alapján tesz ajánlatot:

$$q_k^u = \begin{cases} -\min[\beta, e_k], & \text{ha } e_k > 0 \text{ és } b > r_k \\ +\min[|\alpha|, |e_k|], & \text{ha } e_k < 0 \text{ és } a < r_k \\ 0, & \text{egyébként} \end{cases} \tag{2}$$

Eszerint egy nem informált kereskedő akkor fog vásárolni (eladni), ha a rezervációs ára magasabb (alacsonyabb), mint a jegyzett eladási (vásárlási) ár, továbbá a kereskedett volumen legfeljebb akkora, mint az eladási (vásárlási) mélység. A követhetőség érdekében a kereskedők által vásárolni/eladni kívánt mennyiségek egyenletes eloszlásúak egy előre rögzített t_1 és t_2 pár között, a rezervációs árak pedig szintén egyenletes eloszlást követnek, Θ_1 és Θ_2 között, tehát:

$$e_k \sim U[t_1, t_2] \quad r_k \sim U[\theta_1, \theta_2] \tag{3}$$

Mivel nem voltak adottak, a rögzített t_1 és t_2 pár intervallumát [–100, 100]-nak vettük, az r_k-k pedig a kockázatos eszköz két lehetséges kifizetései közé esnek, melyeket a már korábban említett módon, normális eloszlásból generál a modell. Ezenkívül tegyük fel, hogy mind az e_k-k, mind az r_k-k függetlenek egymástól.

A kétféle kereskedői stratégiát együtt véve *Caglio és Kavajecz* (*2006*) azt számolta ki, hogy a

$$\begin{aligned}E\left[\pi(b,\beta,a,\alpha)\right] = {} & \mu\lambda\beta(\theta_1 - b) + (1-\mu)\lambda\alpha(\theta_2 - a) \\ & + (1-\lambda)\left(\frac{t_2-\beta}{t_2-t_1}\right)\left(\frac{b-\theta_1}{\theta_2-\theta_1}\right)\beta\left\{\mu(\theta_1-b)+(1-\mu)(\theta_2-b)\right\} \\ & + (1-\lambda)\left(\frac{\beta}{t_2-t_1}\right)\left(\frac{b-\theta_1}{\theta_2-\theta_1}\right)\left(\frac{1}{2}\beta\right)\left\{\mu(\theta_1-b)+(1-\mu)(\theta_2-b)\right\} \\ & + (1-\lambda)\left(\frac{\alpha-t_1}{t_2-t_1}\right)\left(\frac{\theta_2-a}{\theta_2-\theta_1}\right)\alpha\left\{(\theta_1-a)+(1-\mu)(\theta_2-a)\right\} \\ & + (1-\lambda)\left(\frac{-\alpha}{t_2-t_1}\right)\left(\frac{\theta_2-a}{\theta_2-\theta_1}\right)\left(\frac{1}{2}\alpha\right)\left\{\mu(\theta_1-a)+(1-\mu)(\theta_2-a)\right\}\end{aligned} \quad (4)$$

Az egyenlet jobb oldalának első sora az informált kereskedőkkel lefolytatott tranzakciókból várható veszteséget jelöli, a többi pedig a nem informált kereskedőkkel kötött nyereséges vagy veszteséges üzletek várható értékét. Ez az optimalizálás implicit feltevéseket tesz a specialista által megválasztott változók kapcsolatáról. Ezeket a feltevéseket az alábbi két korlátozásban lehet összefoglalni:

1) A jegyzett mélység kisebb mint a maximális likviditási kereskedés, vagy egyenlő vele:

$$t_1 \le \alpha < 0 < \beta \le t_2 \quad (5)$$

2) A jegyzett árak a két végső kifizetés közé kell, hogy essenek:

$$\theta_1 < b < a < \theta_2 \quad (6)$$

3.2. Az aktív jegyzési módszer

A modell egyensúlyi értékeit a következőképpen határozta meg *Caglio és Kavajecz* (*2006*):

<u>Állítás 1:</u> *Ha μ eleget tesz az alábbi feltételeknek:*

$$\left(\frac{\lambda-\lambda\left(\frac{t_2}{t_1}\right)}{1-\lambda\left(\frac{t_2}{t_1}\right)}\right) < \mu < \left(\frac{1-\lambda}{1-\lambda\left(\frac{t_1}{t_2}\right)}\right) \quad (7)$$

akkor az egyperiódusos modell egyedi egyensúlya (unique equilibrium):

$$b_u^* = \frac{1}{4}\left(3E_\mu[\theta]+\theta_1\right) - \frac{1}{4}(1-\mu)(\theta_2-\theta_1)\sqrt{1+\left(\frac{8}{t_2}\right)\left(\frac{\lambda}{1-\lambda}\right)\left(\frac{\mu}{1-\mu}\right)(t_2-t_1)} \quad (8)$$

$$\beta_u^* = \frac{3}{2}t_2 - \frac{1}{2}t_2\sqrt{1+\left(\frac{8}{t_2}\right)\left(\frac{\lambda}{1-\lambda}\right)\left(\frac{\mu}{1-\mu}\right)(t_2-t_1)} \quad (9)$$

$$a_u^* = \frac{1}{4}\left(3E_\mu[\theta]+\theta_2\right) + \frac{1}{4}\mu(\theta_2-\theta_1)\sqrt{1-\left(\frac{8}{t_1}\right)\left(\frac{\lambda}{1-\lambda}\right)\left(\frac{1-\mu}{\mu}\right)(t_2-t_1)} \quad (10)$$

$$\alpha_u^* = \frac{3}{2}t_1 - \frac{1}{2}t_1\sqrt{1-\left(\frac{8}{t_1}\right)\left(\frac{\lambda}{1-\lambda}\right)\left(\frac{1-\mu}{\mu}\right)(t_2-t_1)} \quad (11)$$

A μ-re vonatkozó korlátozás ekvivalens azzal, hogy megköveteljük a specialistától, hogy a piac mindkét oldalát tartsa nyitva. A bal oldali egyenlőtlenség biztosítja a piac eladási oldalát, $a_u^* < \Theta_2$ és $\alpha_u^* < 0$, a jobb oldali egyenlőtlenség pedig a vételi oldalt, $b_u^* > \Theta_1$ és $\beta_u^* > 0$.

A (μ, λ, t_1, t_2) változókra vonatkozó korlátok értelmezésének két módja van:

1) Az első interpretáció azt jelenti, hogy a korlátozás elegendő bizonytalanságot követel meg a kockázatos eszköz végső kifizetésével kapcsolatban, azaz μ ne legyen túl közel se nullához, se egyhez, hogy a specialista ne engedhesse meg magának, hogy lemond a piac egyik oldaláról származó várható profitról azzal, hogy lezárja azt az oldalt.

2) A második interpretáció azt állítja, hogy a korlátozás megköveteli, hogy legyen elegendő nem informált kereskedő a kereskedői populációban, hogy a specialista várható pozíciója nyereséges legyen, azaz λ-nak közel kell lennie nullához.

Abban a speciális esetben, amikor nincsenek informált kereskedők, vagyis λ = 0, a gyökök eltűnnek, és a jegyzés leegyszerűsödik az alábbiakra (0 < μ < 1):

$$b_u^* = \frac{1}{2}\left(E_\mu[\theta]+\theta_1\right) \quad (12)$$

$$\beta_u^* = t_2 \quad (13)$$

$$a_u^* = \frac{1}{2}\left(E_\mu[\theta]+\theta_2\right) \quad (14)$$

$$\alpha_u^* = t_1 \quad (15)$$

Következésképpen az árak csupán középértékek a várható érték és a végső értékek között, a mélységek pedig lehetővé teszik a kereskedők számára, hogy az általuk megkívánt mennyiségekkel kereskedjenek.

3.3. A passzív jegyzési módszer

Ha μ nem tesz eleget az (1)-es állításnak, azaz nincs elegendő bizonytalanság a pénzügyi termék kifizetéséről, és/vagy a specialista úgy véli, hogy túl sok az informált kereskedő, akkor *Caglio és Kavajecz* (*2006*) egyensúlyi módszere nem működik. Így azt figyelembe véve, hogy ha a specialista szerint a piacon viszonylag nagy létszámban vannak a jól informált kereskedők, akkor a jegyzése nagy eséllyel az ajánlati könyv tetejét tükrözi (*Kavajecz 1999*), a jegyzés alakulását a következőképpen kezeltük: Ilyen esetben a specialista tart attól, hogy nagy valószínűséggel egy olyan kereskedő jön, akivel szemben csak veszíthet. Ebből arra lehet következtetni, hogy megpróbál a piaccal együtt mozogni, nem hirdet meg a legjobb áraktól nagymértékben eltérő ajánlatokat.

A feltételezéseink a modellezés során a következők:

1) Ha a bid-ask spread nem nagyobb, mint a megszabott maximális spread (ez egy állítható paraméter a vizsgálat során), akkor a specialista a jegyzéskor az ajánlati könyvben szereplő legjobb vételi ár és mennyiség, valamint legjobb eladási ár és mennyiség párokat hirdeti meg újra.

2) Ha a bid-ask spread nagyobb, mint a megszabott maximális spread, akkor köteles javítani a jegyzésen. Ilyenkor mindkét oldalon eggyel jobb áron hirdet meg egy-egy 150 volumenű ajánlatot, ami bekerül az ajánlati könyvbe, de csak az a része marad a könyvben, amely az adott időpontban érkező kereskedővel lefolytatott tranzakció során nem párosult.

3.4. A λ-ról való vélemény megújítása

Ebben a szekvenciális modellben a specialista a λ-ra vonatkozó várakozásait minden kereskedési kör végén megújítja, és kihirdet egy új árjegyzést a következő körre. Ahhoz, hogy a specialista tanulási folyamata érthető legyen, fontos észrevenni, hogy amikor egy beérkező ajánlat kisebb a meghirdetett eladási vagy vételi mélységnél (α vagy β), a specialista tudja, hogy az ajánlatot beküldő befektető nem informált, hiszen hogyha egy likviditáskereskedőről van szó, akkor biztos kevesebbet akar venni, mint a mélység, mert nem tudja, merre kéne mozdítani az árat, ugyanis nincs információja afelől, hogy mennyi kellene legyen az árfolyam. Ezzel szemben, amikor a beérkező ajánlat α vagy β, a specialista nem tudja, hogy az ajánlatot nyújtó személy egy nagy likviditáskereskedő, vagy pedig egy informált kereskedő. Az informált kereskedő elviheti a teljes mennyiséget, mert ő tudja, hogy elmozdíthatja a helyes ár felé az árfolyamot. Azonban az, ha valaki pont elviszi a mélységet, még nem garantálja, hogy nem informált.

Így a specialista a mélységgel egyenlő ajánlatokat *Caglio és Kavajecz* (*2006*) szerint a Bayes-szabály alapján értelmezi. Azt feltételezték, hogy az informált kereskedők aránya binomiális eloszlást követ a kereskedői populációban, egy λ paraméterrel a [0,1] intervallumon. Ráadásul a specialistának van előzetes véleménye λ-ról, erről azt feltételezték, hogy egyenletes eloszlású. Ekkor, ha a specialista egy α vagy β nagyságú ajánlatot figyel meg, akkor λ utólagos valószínűsége a következő:

$$P(\lambda|\alpha)=\frac{(1-\mu)(\lambda)}{(1-\mu)(\lambda)+\left(\frac{\alpha-t_1}{t_2-t_1}\right)\left(\frac{\theta_2-a}{\theta_2-\theta_1}\right)(1-\lambda)} \tag{16}$$

$$P(\lambda|\beta)=\frac{(\mu)(\lambda)}{(\mu)(\lambda)+\left(\frac{t_2-\beta}{t_2-t_1}\right)\left(\frac{b-\theta_1}{\theta_2-\theta_1}\right)(1-\lambda)} \tag{17}$$

Minden egyes kereskedés információt hordoz, jelzés a populáció összetételéről. Ezeknek a jeleknek az összesítése definiálja a specialista véleményét az informált kereskedők megoszlásáról a piacon. Ahogy egyre több kereskedési periódus megy végbe, a specialista véleménye arról, hogy éppen milyen valószínűséggel van egy informált kereskedővel dolga, *Caglio és Kavajecz* (*2006*) szerint exponenciálisan kell konvergáljon λ valódi értékéhez.

ÁLLÍTÁS 2. *Ha egy kereskedő érkezése a piacra egy binomiális valószínűségi változó egy ismeretlen λ paraméterrel, és λ előzetes eloszlása egyenletes a [0,1] intervallumon, akkor N-ből k db teljes mélységű kereskedés mellett λ utólagos várható értéke:*

$$E\left(\lambda|k \text{ teljes kereskedés } N \text{ kereskedésből}\right)=\frac{k+1}{N+2} \tag{18}$$

4. A szimuláció

A modellt megtestesítő program Excel VBA-ban készült, a vizsgálatot Monte Carlo-szimulációval végeztük. A program sok összetevőből áll. Egyrészt különféle függvényekből, melyek a bemenő paraméterek változásának hatására rögtön reagálnak és megváltoztatják a függvények értékét, másrészt számos szubrutinból, melyek csak újbóli futtatási parancsra végzik el a számításokat. Ezeknél fontos szerepet játszik a meghívás sorrendje. A program nagyon rugalmas, mert a paraméterek könnyedén állíthatók, így egy-két gombnyomással nagyon sokféle esetet lehet szimulálni.

4.1. A jegyzés

A szimuláció egyik kulcseleme a „Specialist” nevű függvény[4], mely a *3.2.* és *3.3. fejezetben* tárgyalt kétféle jegyzési módszert kapcsolja össze. Ennek a kimenő értékei a jegyzett vételi ár és mennyiség, valamint az eladási ár és mennyiség (*1. táblázat*). Ha μ kielégíti az (1)-es állítást, akkor a *Caglio és Kavajecz* (*2006*)-féle egyensúlyi értékek alapján történik a jegyzés az „aktív” módszerrel, ha viszont μ nem elégíti ki a feltételeket, akkor az adott időpontban a spread értékétől függően a „passzív” módszerrel történik. Ez a kétféle jegyzési stílus a specialista véleménye módosu-

[4] Lásd az *1. függeléket.*

lásának hatására váltakozik folyamatosan a szimuláció során, mivel a feltételben szereplő λ_s, illetve a különböző esetekhez tartozó μ értékek jelentik az egyetlen változó paramétert.

1. táblázat
A specialista jegyzése

Specialista jegyzése			
Vétel		Eladás	
Volumen	Ár	Volumen	Ár
12	99	–7	100

4.2. Az ajánlatok kezelése

A másik leglényegesebb komponens az „Ajánlat” nevű szubrutin[5], melynek n-szeri futtatására épül az egész program. A szimuláció egyik alapvető feltételezése, hogy a specialista jegyzései adják a limitáras ajánlatokat, melyek bekerülnek a könyvbe, a kereskedők ajánlatai pedig a piaci megbízások, melyek a limitáras ajánlatokkal párosulva folyamatosan kiütik azokat a könyvből.

Fontos azonban megérteni a könyvbe kerülés folyamatát. Ha a specialista az aktív módszerrel végzi a jegyzést, akkor a jegyzett ajánlatok bekerülnek a könyvbe. Ha a passzívat kell alkalmaznia, csak akkor kerülnek be, ha javít a jegyzésen, vagyis a spread magasabb volt, mint az általunk megadott paraméter által megengedett. Ellenkező esetben csak a könyv legjobb ajánlatait hirdeti meg újból, tehát ez esetben az ajánlatok nem kerülnek be újra, mivel ekkor egy duplázódó láncreakció indulna be, és az ajánlatok volumenei elszállnának a végtelenbe.

Az átláthatóság érdekében külön vételi és eladási árak helyett egy közös ár oszlopot használtunk, mely 79-től 121-ig tartalmaz értékeket. A kezdőkönyv generálása során az eladási árak várható értéke 105, szórásuk 7, a vételi árak várható értéke 95, szórásuk 5, maguknak az ajánlatoknak a volumenei pedig 50 várható értékű, 15 szórású normális eloszlásból vannak véve. (Egy részlet látható a kezdeti ajánlati könyvből a *2. táblázat*ban).

[5] Lásd a *2. függeléket.*

2. táblázat
Összevont ajánlati könyv

Ajánlati könyv		
Vétel	**Ár**	**Eladás**
	105	63
	104	55
	103	58
	102	174
72	101	
91	100	
78	99	
123	98	

4.3. A naplók

A megfigyelések rögzítésére kétféle naplót használtunk. Az egyik az ajánlatok naplója[6], melybe az ehhez tartozó szubrutin a beérkező új, 0-tól különböző ajánlatokat másolja át, tehát ez a napló összegyűjti az összes olyan esetet, amikor a beérkező kereskedő elfogadta a specialista jegyzését. A napló tartalmazza az ajánlatok volumenét, amiknek az előjele jelzésértékkel bír, az árakat, a vételi vagy eladási irányt, valamint azt, hogy a program az adott kereskedőt informáltnak vagy nem informáltnak generálta. Az utolsó oszlopban már egy másik szubrutin dolgozik, ami a specialista véleményét írja ki, hogy szerinte az a kereskedő informált volt-e, vagy sem (*3. táblázat*).

3. táblázat
Ajánlatok naplója

Ajánlatok naplója					
Sorszám	**Volumen**	**Ár**	**Irány**	**Trader**	**Spec vél**
1	–84	98	Eladás	Uninf	
2	–48	96	Eladás	Uninf	1
3	–51	98	Eladás	Inf	1
4	7	100	Vétel	Uninf	1

Érthető módon a specialista nem mindig találja el jól ezeknek a típusát (ez látható a *3. táblázat*ban), hiszen ő csak azt látja, hogy az adott személy teljes mélységgel kereskedett-e, vagy sem. Ha igen, akkor informáltnak titulálja (ezt jelzi az 1-es

[6] Lásd a *4. függeléket*.

szám), pedig az is lehet, hogy egy nem informált kereskedő volt, akinek a kereslete véletlenül pont akkora volumenű volt, mint a jegyzett mélység. Ebben a „Spec vél" oszlopban található számok összege adja a (2)-es állításban található *k* értékét, azaz a teljes mélységű kereskedések számát, egy adott pillanatban a napló utolsó sorszáma pedig *N* értékét, ami az összes addigi kereskedés számát jelöli.

A másik napló a tranzakciók naplója[7], melynek az első öt oszlopát egy, az „Ajánlat" szubrutinba beépített másik szubrutin tölt fel. Az ezután következő négy oszlopot a *4. táblázat*ban látható módon számítja az Excel.

A tranzakciók naplója az eredmények kivizsgálásának szempontjából használatos.

1. A jutalék oszlopban egész egyszerűen az ajánlat értéke (volumen·ár) van megszorozva 1,5 százalékkal, ami egy állítható paraméter, a vagyont pedig az aktuális pénzmennyiség és árfolyam szorzata adja.

2. A pénz és a részvények kiszámításánál figyelembe kell venni a tranzakció irányát. Ha eladási megbízás történt, akkor a t-edik tranzakció után a pénz a következőképpen alakul:

$$pénz_t = pénz_{t-1} + ár_t \cdot volumen_t + jutalék_t \tag{19}$$

   Vételi megbízás esetén pedig:

$$pénz_t = pénz_{t-1} - ár_t \cdot volumen_t + jutalék_t \tag{20}$$

3. A részvényeknél pont fordítva, ha eladási megbízás történt, akkor a t-edik tranzakció után csökken a részvényállomány:

$$részvény_t = részvény_{t-1} - volumen_t \tag{21}$$

   Vételi megbízás esetén pedig nő:

$$részvény_t = részvény_{t-1} + volumen_t \tag{22}$$

4. táblázat
Tranzakciók naplója

Sorszám	Típus	Volumen	Ár	Spread	Jutalék	Pénz	Részvény	Vagyon
1.	Vétel	84	98	3	123,5	501 699	993	599 013
2.	Vétel	48	96	4	69,1	497 161	1 041	597 097
3.	Vétel	51	98	4	75,0	492 238	1 092	599 254
4.	Eladás	7	100	2	10,5	492 948	1 085	601 448

[7] Lásd az *5. függeléket*.

5. Az eredmények kiértékelése

5.1. Áttekintő statisztikák

Elsőként egy, a szimuláció egészét kiértékelő statisztikai táblázatot mutatunk be, mely μ egyes értékeire tartalmaz átlagos eredményeket. Ezeket az *4.3. fejezetben* említett tranzakciók naplójának felhasználásával számítottuk ki, Monte Carlo-módszerrel.

5. táblázat
Statisztikák

Átlagok / μ	0,49	0,4	0,3	0,2	0,1
Vagyonnövekedés	1 350	9 067	15 414	43 669	81 741
Δ Részvényállomány	27	3 631	6 448	9 741	26 998
Jutalék	793	7 924	12 473	18 532	43 591
Tranzakciók	10	34	39	45	48
Minimum ár	95	94	93	94	95
Maximum ár	104	105	104	103	103
$\lambda_i^{s,v}$	0,30	0,25	0,20	0,15	0,11
Átértékelődés	556	1 144	2 940	25 137	38 150

Minden eset során 20 kört futtattunk le a programból, ahol egy kör 100 periódust, azaz 100 érkező kereskedőt jelent. A szimuláció során egy kör a következőképpen alakul:

1) Törlődik az ajánlatok és a tranzakciók naplóinak a tartalma.

2) Új kezdőkönyvet generál a program.

3) Lefut 100-szor (állítható paraméter) az „Ajánlat” szubrutin. Minden periódusban behoz egy kereskedőt. Az új ajánlat bekerül az ajánlatok naplójába, a tranzakciót pedig a tranzakciók naplójába könyveli a szubrutin, és módosul az ajánlati könyv. A kereskedők közül természetesen nem mindenki mond igent a specialista ajánlatára, hiszen megeshet, hogy a rezervációs áruk alacsonyabb/magasabb, mint a jegyzett eladási/vételi ár. Ilyenkor nem történik tranzakció, a program fut tovább, és érkezik a következő szereplő. Közben a specialista jegyzése és a kockázatos eszköz lehetséges végső kifizetései folyamatosan változnak.

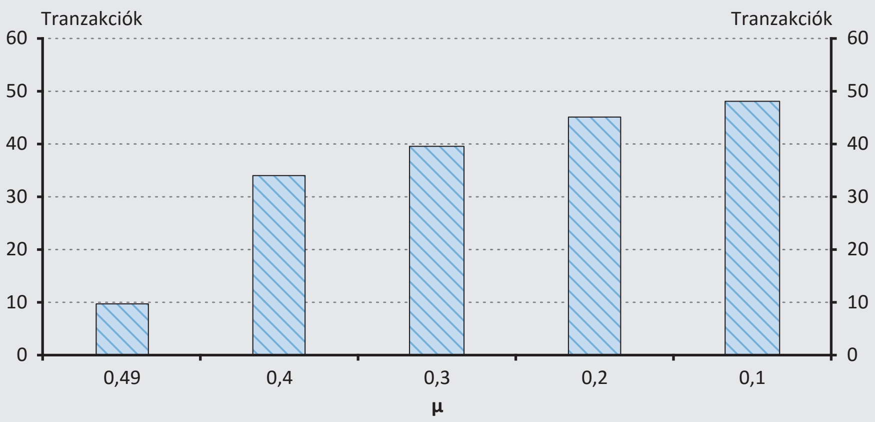
4) A tranzakciók naplója alapján megtörténik az eredmények kiszámítása.

Ha lefutott a 20 kör, akkor a program kiszámolja az egyes körök végén kapott eredményeknek az átlagát, ezt tartalmazza az *5. táblázat*.

A minimum és maximum árak átlaga között nem állapítható meg jelentős eltérés, μ változása látszólag nem befolyásolta ezeket egyértelműen. Az árfolyamingadozást viszont igen, erre majd az *5.2. fejezetben* fogunk kitérni.

Az *5. táblázatban* az is látható, hogy a 100 periódusból átlagosan hányszor történt tranzakció, vagyis hány kereskedő fogadta el a specialista jegyzett ajánlatát. A *2. ábrán* egy szép növekedési ütem figyelhető meg μ csökkenésével.

2. ábra
A tranzakciók számának alakulása

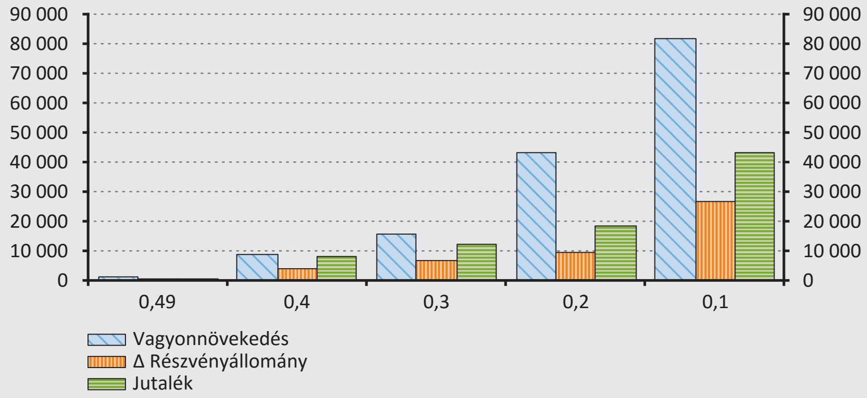


Minél kisebb μ, annál kisebb a bizonytalanság a kockázatos eszköz végső kifizetéséről, s egyúttal egyre kisebb a specialista véleménye is az informált kereskedők arányáról ($\lambda_i^{s,v}$ a specialista átlagos véleményét jelöli a szimulációs körök végéről), noha λ végig 0,2-re volt állítva. Az *5. táblázatban* látni, hogy legjobban μ=0,3 esetén viselkedett a modell, ekkor találta el átlagosan a legpontosabban a specialista λ valódi értékét.

Tehát a bizonytalanság csökkenésével nő a tranzakciók száma, ami annak tudható be, hogy a specialista nagyobb valószínűséggel tudja a pénzügyi termék lehetséges árát, ugyanis a megbízások nagyobb valószínűséggel informált kereskedőktől érkeznek, így a piaci ár biztosabban tud konvergálni a tranzakciók során a fair ár felé.

A szimuláció elején a specialista induló vagyona 500 000 egység pénz és 1 000 db részvény, a jutalék pedig 1,5 százaléknak van beállítva. A tranzakciók nagyobb száma és a nagyobb bizonyosság a termék kifizetéséről együttesen okozhatják, hogy egyre nagyobb a vagyonnövekedés, a részvényállomány és a jutalékok növekedése. Az átértékelődés azt mutatja, hogyan változott a vagyon, ha kivontuk a jutalékok összegét. A *3. ábrán* jól látható ez a növekedés.

3. ábra
A vagyon, részvényállomány és jutalékok változása



5.2. Árfolyamok alakulása

Az árfolyamok alakulásának, s ezeket felhasználva a loghozamok alakulásának vizsgálatához minden μ-re annyiszor futtattuk le a kódot, hogy közel 400 megfigyelést kapjunk mind az öt esetre. Kiszámoltuk ezeknek a maximumát, minimumát, ezek különbségeként a terjedelmet, valamint a szórást.

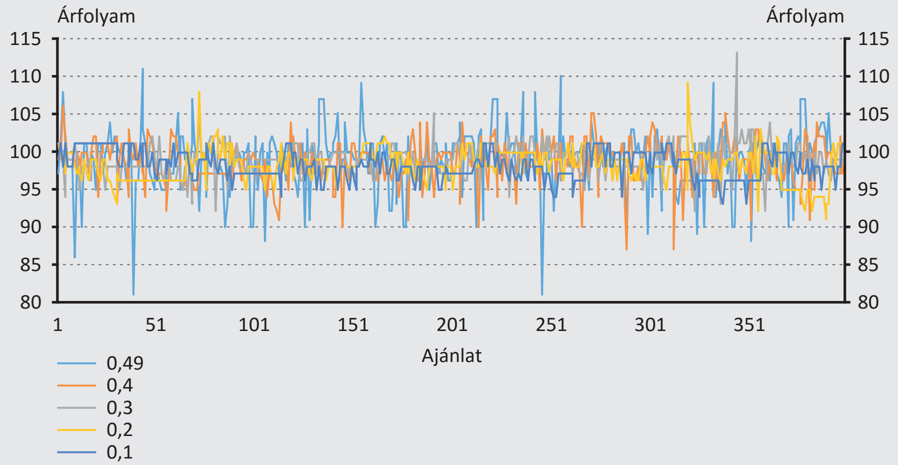
6. táblázat
Az árfolyamok minimuma, maximuma, terjedelme és szórása

Árfolyam	0,49	0,4	0,3	0,2	0,1
min	81	87	92	91	93
max	111	106	113	109	101
terjedelem	30	19	21	18	8
szórás	3,95	2,85	2,09	2,20	1,86

Bár az *5. táblázat* azt mutatja, hogy minden μ esetén 93–95 között van az átlagos minimum ár, és 103–105 között az átlagos maximum ár az egyes körök végéről, s láthatólag μ nem gyakorolt egyértelmű hatást az árakra, a *6. táblázatból* kiderül, hogy μ igenis befolyásolta az árak alakulását. Ez a legjobban az egyes esetekhez tartozó szórásokon látszik. Minél kisebb a bizonytalanság, annál kisebb az árak szórása (még nagyobb elemszámmal dolgozva ez még pontosabban mutatkozna meg, s a 0,3-ra kapott eredmény még szebben illeszkedne a 0,4-es és 0,2-es közé), ami konzisztens az *5.1. fejezetben* tárgyaltakkal.

A *4. ábra* egyértelműen azt mutatja, hogy minél kisebb μ, annál kisebb az árak ingadozása.

4. ábra
Az árfolyamok alakulása



5.3. A loghozamok alakulása

A hatékony piacok elmélete (Efficient Market Hypothesis, EMH) azt állítja, hogy a piaci árfolyamok tükrözik a nyilvános információkat, vagyis minden rendelkezésre álló információ beépült az árakba, így az árak megbízhatók (*Fama 1970*). Ebből kifolyólag az árakat csakis az új információk mozgatják, ami azt eredményezi, hogy a napi loghozamok függetlenek, és normális eloszlást követnek (*Száz 2009*). Emiatt a fejezet következő részében azt fogjuk vizsgálni, hogy a szimulációval kapott loghozamok eloszlására mennyire igaz ez a következmény.

Az árfolyamokból a láncindexek természetes alapú logaritmusának vételével kaptuk meg a loghozamokat. Ezek minimumát, maximumát, átlagát és szórását a *7. táblázat* foglalja össze.

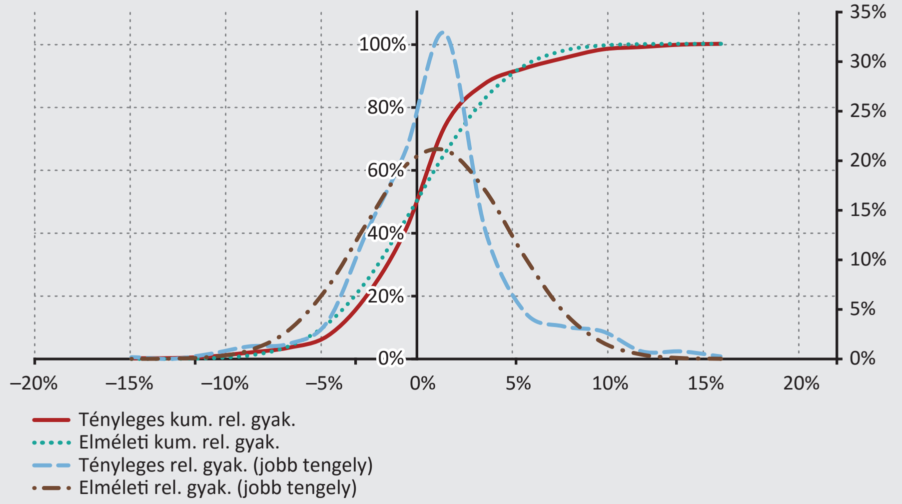
7. táblázat
A loghozamok minimuma, maximuma, átlaga és szórása

Loghozam	0,49	0,4	0,3	0,2	0,1
min	–22,07%	–14,92%	–11,23%	–10,32%	–6,19%
max	18,03%	15,91%	10,24%	13,75%	6,19%
átlag	0,00%	–0,01%	–0,01%	0,01%	0,01%
szórás	5,38%	3,81%	2,58%	2,14%	1,70%

Ezeket a gyakorisági táblázat elkészítéséhez alkalmaztuk, minden esetet külön véve. Elsőként készítettünk a minimum és maximum értékek felhasználásával egy 16 osztályközös abszolút gyakorisági táblázatot. Ebből számítottuk a tényleges relatív gyakoriságokat, majd a tényleges kumulált relatív gyakoriságokat. Ezután egy beépített Excel függvény segítségével kiszámoltuk, hogy milyen értékeket kellene kapnunk egy ilyen átlagú és szórású normális eloszlásból. A kapott számok a normális eloszlás eloszlásfüggvényének az értékei voltak, melyek azonosak az elméleti kumulált relatív gyakorisággal, ebből visszafelé dolgozva megkaptuk az elméleti relatív gyakoriságokat, majd ezek értékeit beszorozva a megfigyelések számával kijöttek az elméleti abszolút gyakoriságok.

A legszebb eredményt μ=0,4-re kaptuk (*5. ábra*), a loghozamok eloszlása ekkor közelíti a legjobban a normális eloszlást, bár a sűrűségfüggvény még ekkor is jóval csúcsosabb, mint a normális haranggörbe. Az eloszlásfüggvények az elsődleges tengelyhez vannak illesztve, a sűrűségfüggvények pedig a másodlagoshoz.

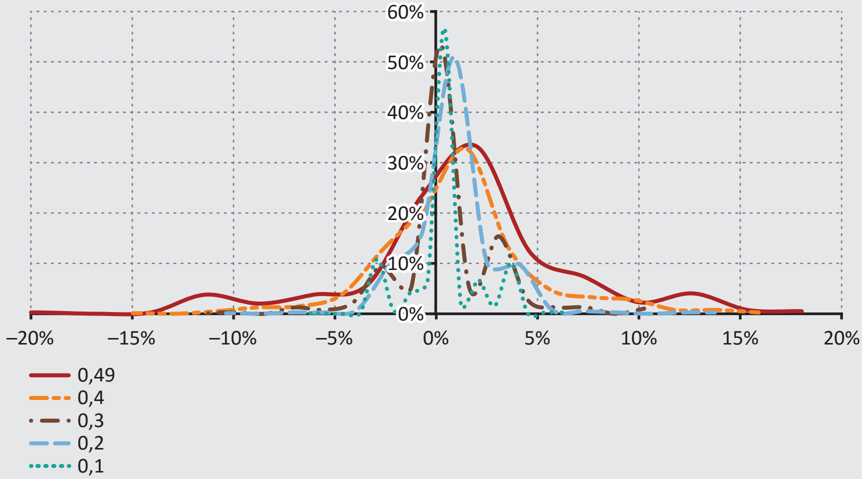
5. ábra
A loghozamok eloszlása μ=0,4 esetén



A *6. ábrán* együtt ábrázoltuk az ötféle μ esetén kapott loghozamok eloszlását. A kép kielégíti a várakozásokat, hiszen minél alacsonyabb μ, azaz minél kisebb a bizonytalanság a kockázatos termék végső értékéről, annál jobban torzul a tényleges loghozamok sűrűségfüggvénye a normálishoz képest. Tehát minél több információt birtokol a specialista az eszköz kifizetéséről, annál inkább sérül az EMH, miszerint az elérhető információk beépültek az árakba, s így a loghozamok eloszlása valóban egyre kevésbé illeszkedik a normális görbére. Nagyobb elemszámmal dolgozva a folyamatos torzulás valószínűleg még látványosabban rajzolódna ki.

A μ=0,49-es eset látszólag torzabb a 0,4-esnél, aminek feltehetőleg az lehet az oka, hogy μ ekkor elég ritkán tesz eleget az (1)-es állításban szereplő egyenlőtlenséggel definiált feltételeknek, és így a passzív jegyzési fajtát alkalmazza a program, nem pedig az aktívat, a *Caglio – Kavajecz*-féle egyensúlyi modellt.

6. ábra
A loghozamok eloszlása μ minden vizsgált értékére



6. Összefoglalás

Tanulmányunk célja egy olyan szimulációs program megírása volt, melynek segítségével meg tudtuk vizsgálni, hogy a kontraszelekció milyen hatással van a specialista árjegyzésére, a bizonytalanság különböző szintjei hogyan befolyásolják az árfolyamok és a loghozamok alakulását, valamint hogy a specialista a tranzakciók alapján milyen pontosan tudta megállapítani az informált kereskedők arányát a piacon.

A szimuláció során azt kaptuk, hogy a specialista véleménye az informált kereskedők arányáról átlagosan a μ=0,3-as esetben volt a legpontosabb.

Az eredmények egyértelműen azt mutatták, hogy a bizonytalanság csökkenésével egyre nő a tranzakciók mennyisége, mivel a specialista nagyobb valószínűséggel tudja a pénzügyi termék lehetséges árát. Ezzel együtt a specialista vagyona és részvényállománya is folyamatosan növekszik.

Ugyanakkor az árfolyamok ingadozása és a loghozamok szórása egyre csökken, s a hatékony piacok elméletének következménye, miszerint a loghozamok eloszlása normális eloszlást követ, egyre jobban torzul, mivel sérül az a feltétel, hogy az árak tükrözik a nyilvános információkat.

A *8. táblázat* ezeket az eredményeket foglalja össze. A fordított irányban analóg módon: ha a bizonytalanság nő, akkor az ellenkező irányú változás történik a többi területen.

8. táblázat
A bizonytalanság változásának hatása

Bizonytalanság (μ)	csökken
Tranzakciók száma	nő
Vagyon	nő
Részvényállomány	nő
Árfolyamok ingadozása	csökken
Loghozamok szórása	csökken
Loghozamok illeszkedése a normális eloszlásra	csökken

Az eredmények kielégítették a várakozásainkat, s természetesen nagyobb elemszámra, a program többszöri lefuttatására valószínűleg még pontosabban, tisztábban mutatkoznának meg.

Felhasznált irodalom

Bagehot, W. (1971): *The only game in town*. Financial Analyst Journal, 27(2): 12–14. https://doi.org/10.2469/faj.v27.n2.12

Caglio, C. – Kavajecz, K. A. (2006): *A Specialist's quoted depth as a strategic choice variable: An application to spread decomposition models*. The Journal of Financial Research, 29(3): 367–382. https://doi.org/10.1111/j.1475-6803.2006.00184.x

Copeland, T. E. – Galai, D. (1983): *Information Effects on the Bid-Ask Spread*. The Journal of Finance, 38(5): 1457–1469. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1983.tb03834.x

Demsetz, H. (1968): *The cost of transacting*. The Quarterly Journal of Economics, 82(1): 33–53. https://doi.org/10.2307/1882244

Doob, J. L. (1971): *What is a martingale?* The American Mathematical Monthly, 78(5): 451–463. https://doi.org/10.2307/2317751

Dupont, D. (2000): *Market Making, Prices and Quantity Limits.* The Review of Financial Studies, 13(4): 1129–1151. https://doi.org/10.1093/rfs/13.4.1129

Easley, D. – O'Hara, M. (1992): *Time and the Process of Security Price Adjustment*. The Journal of Finance, 47(2): 577–605. https://doi.org/10.2307/2329116

Fama, E. F. (1970): *Efficient capital markets: A review of theory and empirical work*. The Journal of Finance, 25(2): 383–417. https://doi.org/10.2307/2325486

Foucault, T. – Pagano, M. – Röell, A. (2013): *Market Liquidity*. Oxford University Press, New York.

Glosten, L. R. – Milgrom, P. R. (1985): *Bid, ask and transaction prices in a specialist market with heterogeneously informed traders*. Journal of Financial Economics, 14(1): 71–100. https://doi.org/10.1016/0304-405X(85)90044-3

Harris, L. (1990a): *Statistical Properties of the Roll Serial Covariance Bid/Ask Spread Estimator*. Journal of Finance, 45(2): 579–590. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1990.tb03704.x

Harris, L. (1990b): *Liquidity, Trading Rules, and Electronic Trading Systems*. New York University Monograph Series in Finance and Economics, Monograph 1990-4.

Kavajecz, K. A. (1999): *A Specialist's Quoted Depth and the Limit Order Book*. The Journal of Finance, 54(2): 747–771. https://doi.org/10.1111/0022-1082.00124

Kavajecz, K. A. – Odders-White, E. R. (2001): *An Examination of Changes in Specialists Posted Price Schedules*. The Review of Financial Studies, 14(3): 681–704. https://doi.org/10.1093/rfs/14.3.681

Kornis Judit (2017): *Árjegyzési stratégiák vizsgálata Monte Carlo szimulációval*. Szakdolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem.

Kutas Gábor – Végh Richárd (2005): *A Budapesti Likviditási Mérték bevezetéséről*. Közgazdasági Szemle, 52(7–8): 686–711.

Kyle, A. S. (1985): *Continuous Auctions and Insider Trading*. Econometrica, 53(6): 1315–1335.

Lee, C. M. C. – Mucklow B. – Ready M. J. (1993): *Spreads, Depths and the Impact of Earnings Information: An Intraday Analysis*. The Review of Financial Studies, 6(2): 345–374. https://doi.org/10.1093/rfs/6.2.345

O'Hara, M. (1995): *Market Microstructure Theory*. Basil Blackwell, Cambridge, MA.

Rock, K. (1989): *The Specialist's Order Book*. Working paper, Harvard University.

Száz János (2009): *Pénzügyi termékek áralakulása.* Jet Set Tipográfiai Műhely Kft., Budapest.

Von Wyss, R. (2004): *Measuring and predicting liquidity in stock market*. Universität St. Gallen, PhD-értekezés.

Függelékek

Tanulmányunk függelékei az általunk a szimulációhoz megírt legfontosabb szubrutinokat és függvényeket tartalmazzák.

1. függelék: A specialista jegyzésének függvénye I.

Ahogyan már korábban említettük, a függvény kétféle módszert ötvöz. Ha teljesül a μ-re vonatkozó (1)-es feltétel, ami két egyenlőtlenségből áll, akkor az egyensúlyi értékek a *Caglio és Kavajecz* (*2006*) által bizonyítottak alapján alakulnak. Ha az egyenlőtlenség nem teljesül, akkor a program átugrik a következő utasításokra. Ugyanez a parancs fut le akkor is, ha nem csak a második fele, hanem már az első fele se teljesül az egyenlőtlenségnek. A függvény végén a generált vételi és eladási árakat és mennyiségeket egészre kerekíti egy beépített függvény.

```
Function specialist(mu, v1, v2, lambdaS, t1, t2, spmax, spmost)

Dim Ev, v21, t21
ReDim feltetel(1 To 2)
ReDim bidask(1 To 4)

Ev = mu * v1 + (1 - mu) * v2 'az eszköz várható értéke
v21 = v2 - v1
t21 = t2 - t1
feltetel(1) = (lambdaS - lambdaS * t2 / t1) / (1 - lambdaS * t2 / t1)
feltetel(2) = (1 - lambdaS) / (1 - lambdaS * t2 / t1)

If feltetel(1) < mu Then 'teljesül az 1. feltétel
   If mu < feltetel(2) Then 'teljesül a 2. feltétel is
      'vételi mennyiség
      beta = 3 / 2 * t2 - 1 / 2 * t2 * (1 + (8 / t2) * (lambdaS / (1 - lambdaS)) * (mu /
(1 - mu)) * t21) ^ 0.5
      'vételi ár
      b = 1 / 4 * (3 * Ev + v1) - 1 / 4 * (1 - mu) * v21 * (1 + (8 / t2) * (lambdaS / (1 -
lambdaS)) * (mu / (1 - mu)) * t21) ^ 0.5
      'eladási mennyiség
      alpha = 3 / 2 * t1 - 1 / 2 * t1 * (1 - (8 / t1) * (lambdaS / (1 - lambdaS)) * ((1 -
mu) / mu) * t21) ^ 0.5
      'eladási ár
      a = 1 / 4 * (3 * Ev + v2) + 1 / 4 * mu * v21 * (1 - (8 / t1) * (lambdaS / (1 - lam-
bdaS)) * ((1 - mu) / mu) * t21) ^ 0.5
   Else 'de nem teljesül a 2. feltétel
```

```
        If spmost <= spmax Then
        'ha jó a spread
          For i = 3 To 45
            If Cells(i, 12) > 0 Then
              beta = Cells(i, 12)
              b = Cells(i, 13)
              GoTo 51
            End If
          Next i
51
          For i = 45 To 3 Step -1
            If Cells(i, 14) > 0 Then
              alpha = -Cells(i, 14)
              a = Cells(i, 13)
              GoTo 53
            End If
          Next i
        Else
        'ha a spread nagyobb, mint a megengedett
          For i = 3 To 45
            If Cells(i, 12) > 0 Then
              beta = 150
              b = Cells(i, 13) + 1
              GoTo 52
            End If
          Next i
52
          For i = 45 To 3 Step -1
            If Cells(i, 14) > 0 Then
              alpha = -150
              a = Cells(i, 13) - 1
              GoTo 53
            End If
          Next i
53
        End If
      End If
    Else 'már az 1. feltétel sem teljesül
      If spmost <= spmax Then
      'ha jó a spread
        For i = 3 To 45
          If Cells(i, 12) > 0 Then
```

```
            beta = Cells(i, 12)
            b = Cells(i, 13)
            GoTo 54
         End If
      Next i
54
      For i = 45 To 3 Step -1
         If Cells(i, 14) > 0 Then
            alpha = -Cells(i, 14)
            a = Cells(i, 13)
            GoTo 56
         End If
      Next i
   Else
   'ha a spread nagyobb, mint a megengedett
      For i = 3 To 45
         If Cells(i, 12) > 0 Then
            beta = 150
            b = Cells(i, 13) + 1
            GoTo 55
         End If
      Next i
55
      For i = 45 To 3 Step -1
         If Cells(i, 14) > 0 Then
            alpha = -150
            a = Cells(i, 13) - 1
            GoTo 56
         End If
      Next i
56
   End If
End If

bidask(1) = Application.Round(beta, 0)
bidask(2) = Application.Round(b, 0)
bidask(3) = Application.Round(alpha, 0)
bidask(4) = Application.Round(a, 0)
specialist = bidask

End Function
```

2. függelék: Az ajánlat szubrutin

Ez a szubrutin a legösszetettebb az összes közül. Számos más rutint is meghív, melyek a specialista véleményét frissítik, a kockázatos eszköz értékét változtatják meg, elkönyvelik az ajánlatokat, vagy csak technikai okokból szükségesek.

2.1. A szubrutin eleje

```
Sub ajanlat()

updating_belief 'a specialista véleménye megváltozik a lambdáról az előző ajánlat hatására
kockazatos_eszkoz 'a kockázatos eszköz értéke megváltozik

'Paraméterek megadása
mu = Cells(5, 1)
v1 = Cells(3, 1)
v2 = Cells(3, 2)
vi = Cells(3, 3)
t1 = Cells(3, 6)
t2 = Cells(3, 7)
beta = Cells(10, 1)
b = Cells(10, 2)
alpha = Cells(10, 3)
a = Cells(10, 4)
lambdaS = Cells(10, 6)

Dim e, r, Ev, v21, t21
Ev = mu * v1 + (1 - mu) * v2 'az eszköz várható értéke
v21 = v2 - v1
t21 = t2 - t1
```

2.2. A specialista ajánlatainak bekerülése

```
'SPECIALISTA:
'FELTÉTELEZÉS: a specialista ajánlatai a limitáras ajánlatok
ReDim feltetel(1 To 2)
feltetel(1) = (lambdaS - lambdaS * t2 / t1) / (1 - lambdaS * t2 / t1)
feltetel(2) = (1 - lambdaS) / (1 - lambdaS * t2 / t1)
Cells(4, 3) = feltetel(1)
Cells(5, 3) = feltetel(2)
spmax = Cells(3, 10)
spmost = Cells(3, 11)
```

```
If feltetel(1) < mu Then 'teljesül az 1. feltétel
   If mu < feltetel(2) Then 'teljesül a 2. feltétel is
   'új jegyzés, ami bekerül a könyvbe
      For i = 3 To 45
         If Cells(i, 13) = Cells(10, 2) Then
            Cells(i, 12) = Cells(i, 12) + Cells(10, 1) 'specialista vételi volumene
         End If
         If Cells(i, 13) = Cells(10, 4) Then
            Cells(i, 14) = Cells(i, 14) + Abs(Cells(10, 3)) 'specialista eladási volumene
         End If
      Next i
   Else
      If spmost > spmax Then
      'ha a spread nagyobb, mint a megengedett, akkor
      'javít a jegyzésen és szintén bekerül az új ajánlat
         For i = 3 To 45
            If Cells(i, 13) = Cells(10, 2) Then
               Cells(i, 12) = Cells(i, 12) + Cells(10, 1) 'specialista vételi vol.
            End If
            If Cells(i, 13) = Cells(10, 4) Then
               Cells(i, 14) = Cells(i, 14) + Abs(Cells(10, 3)) 'specialista eladási vol.
            End If
         Next i
      End If
   End If
Else
   If spmost > spmax Then
   'ha a spread nagyobb, mint a megengedett, akkor
   'javít a jegyzésen és szintén bekerül az új ajánlat
      For i = 3 To 45
         If Cells(i, 13) = Cells(10, 2) Then
            Cells(i, 12) = Cells(i, 12) + Cells(10, 1) 'specialista vételi volumene
         End If
         If Cells(i, 13) = Cells(10, 4) Then
            Cells(i, 14) = Cells(i, 14) + Abs(Cells(10, 3)) 'specialista eladási volumene
         End If
      Next i
   End If
End If
```

2.3. Informált kereskedő generálása

```
'KERESKEDŐK:
```

```
'kereskedő generálása
p = Rnd()
If p > 0.8 Then
   Cells(14, 4) = "Inf" 'informált
Else
   Cells(14, 4) = "Uninf" 'nem informált
End If

'informált kereskedő
If Cells(14, 4) = "Inf" Then
   If b > vi Then
      Cells(14, 1) = -beta 'volumen
      Cells(14, 2) = b 'ár
   Else
      If a < vi Then
         Cells(14, 1) = Abs(alpha)
         Cells(14, 2) = a
      End If
   End If
End If
```

2.4. Likviditási kereskedő generálása

```
'nem informált kereskedő
If Cells(14, 4) = "Uninf" Then

   e = Application.WorksheetFunction.RandBetween(t1, t2)
   r = Application.WorksheetFunction.RandBetween(v1, v2)
   Cells(3, 8) = e
   Cells(3, 9) = r

   If e > 0 Then 'el akar adni
      If b > r Then 'alacsonyabb a min eladási ára, mint a spec vételi ára
         Cells(14, 1) = -Application.WorksheetFunction.Min(beta, e)
         Cells(14, 2) = b
      Else
         Cells(14, 1) = 0
      End If
   End If
   If e < 0 Then 'venni akar
      If a < r Then 'magasabb a max vételi ára, mint a spec eladási ára
         Cells(14, 1) = Application.WorksheetFunction.Min(Abs(alpha), Abs(e))
         Cells(14, 2) = a
```

```
        Else
            Cells(14, 1) = 0
        End If
    End If

End If
```

2.5. Eladási ajánlat

```
ajanlatok_naploja 'bevezetjük egy naplóba az ajánlatokat

'az új ajánlat paramétereit elmentjük új változókba
ajanlatvol = Abs(Cells(14, 1)) 'absérték kell, mert ha eladási ajánlat, akkor negatív
a vol.
ajanlatar = Cells(14, 2)
ajanlattipus = Cells(14, 3)

'FELTÉTELEZÉS: a kereskedők ajánlatai a piaci áras ajánlatok
If ajanlattipus = "Eladás" Then 'piaci áras eladási
a1 = ajanlatvol
k = 0
    For i = 3 To 45
        k = i + 1
        If Cells(i, 13) = ajanlatar Then
            If Cells(i, 12) >= a1 Then
            'ha több van a könyvben, mint amekkora az ajánlat (maradéka)
                Cells(i, 12) = Cells(i, 12) - a1 'TRANZAKCIÓ
                Cells(14, 6) = a1 'utolsó tranzakció volumene
                Cells(14, 7) = Cells(i, 13) 'utolsó tranzakció ára
                naplo
                a1 = 0
            Else
            'ha kevesebb van a könyvben, akkor tovább osztódik az ajánlat
                a1 = a1 - Cells(i, 12)
                Cells(14, 6) = Cells(i, 12) 'utolsó tranzakció volumene
                Cells(14, 7) = Cells(i, 13) 'utolsó tranzakció ára
                naplo
                Cells(i, 12) = 0 'TRANZAKCIÓ
                GoTo 21
            End If
        End If
        Cells(6, 10) = a1
    Next i
```

```
21  Do Until a1 = 0
   For j = k To 45
      If Cells(j, 12) > 0 Then
         If Cells(j, 12) >= a1 Then
         'ha több van a könyvben, mint amekkora az ajánlat (maradéka)
            Cells(j, 12) = Cells(j, 12) - a1 'TRANZAKCIÓ
            Cells(14, 6) = a1 'utolsó tranzakció volumene
            Cells(14, 7) = Cells(j, 13) 'utolsó tranzakció ára
            naplo
            a1 = 0
            GoTo 22
         Else
         'ha kevesebb van a könyvben, akkor tovább osztódik az ajánlat
            a1 = a1 - Cells(j, 12)
            Cells(14, 6) = Cells(j, 12) 'utolsó tranzakció volumene
            Cells(14, 7) = Cells(j, 13) 'utolsó tranzakció ára
            naplo
            Cells(j, 12) = 0 'TRANZAKCIÓ
         End If
      End If
   Next j
22  Loop
End If
```

2.6. Vételi ajánlat

```
If ajanlattipus = "Vétel" Then 'piaci áras vételi
a2 = ajanlatvol
h = 0
   For i = 45 To 3 Step -1
      h = i - 1
      If Cells(i, 13) = ajanlatar Then
         If Cells(i, 14) >= a2 Then
         'ha több van a könyvben, mint amekkora az ajánlat (maradéka)
            Cells(i, 14) = Cells(i, 14) - a2 'TRANZAKCIÓ
            Cells(14, 6) = a2  'utolsó tranzakció volumene
            Cells(14, 7) = Cells(i, 13) 'utolsó tranzakció ára
            naplo
            a2 = 0
         Else
         'ha kevesebb van a könyvben, akkor tovább osztódik az ajánlat
            a2 = a2 - Cells(i, 14)
```

```
            Cells(14, 6) = Cells(i, 14) 'utolsó tranzakció volumene
            Cells(14, 7) = Cells(i, 13) 'utolsó tranzakció ára
            naplo
            Cells(i, 14) = 0 'TRANZAKCIÓ
            GoTo 23
         End If
      End If
      Cells(6, 11) = a2
   Next i

23  Do Until a2 = 0
   For j = h To 3 Step -1
      If Cells(j, 14) > 0 Then
         If Cells(j, 14) >= a2 Then
         'ha több van a könyvben, mint amekkora az ajánlat (maradéka)
            Cells(j, 14) = Cells(j, 14) - a2 'TRANZAKCIÓ
            Cells(14, 6) = a2  'utolsó tranzakció volumene
            Cells(14, 7) = Cells(j, 13) 'utolsó tranzakció ára
            naplo
            a2 = 0
            GoTo 24
         Else
         'ha kevesebb van a könyvben, akkor tovább osztódik az ajánlat
            a2 = a2 - Cells(j, 14)
            Cells(14, 6) = Cells(j, 14) 'utolsó tranzakció volumene
            Cells(14, 7) = Cells(j, 13) 'utolsó tranzakció ára
            naplo
            Cells(j, 14) = 0 'TRANZAKCIÓ
         End If
      End If
   Next j
24  Loop
End If

nettositas 'nettósítás az ajánlati könyvben

End Sub
```

3. függelék: A specialista véleményének frissítése

Az "updating belief" szubrutint hívja meg elsőként az "Ajanlat" sub. A *k* és *N* értékét az ajánlatok naplójából, majd λ_s-et, azaz a specialista véleményét az informált kereskedők arányáról a (2)-es állítás képlete alapján számolja.

```
Sub updating_belief()

beta = Cells(10, 1)
alpha = Cells(10, 3)
k = Cells(10, 7)
i = 23
Do Until Cells(i, 1) = 0
   i = i + 1
Loop

N = Cells(i - 1, 1) 'utolsó sorszám
j = 22 + N
If Cells(j, 2) = alpha * (-1) Then
   Cells(j, 6) = 1
End If
If Cells(j, 2) = beta * (-1) Then
   Cells(j, 6) = 1
End If

lambdaS = (k + 1) / (N + 2)
Cells(10, 6) = lambdaS

Cells(10, 8) = N

End Sub
```

4. függelék: Az ajánlatok naplója

Az ajánlatok naplója a *4.3. fejezetben* leírtak alapján működik.

```
Sub ajanlatok_naploja()
i = 23
Do Until Cells(i, 1) = 0
   i = i + 1
Loop
If Cells(14, 1) <> 0 Then
Cells(i, 1) = i - 22
Cells(i, 2) = Cells(14, 1)
Cells(i, 3) = Cells(14, 2)
Cells(i, 4) = Cells(14, 3)
Cells(i, 5) = Cells(14, 4)
End If
End Sub
```

5. függelék: A tranzakciók naplója

Az tranzakciók naplója a *4.3. fejezetben* leírtak alapján működik.

```
Sub naplo()

i = 2
Do Until Cells(i, 17) = 0 'megnézzük, hányadik sorba írhatja a következő tranzakci-
ót
i = i + 1
Loop 'az új i sorba írja a tranzakciót

Cells(i, 17) = i - 1 'utolsó tranzakció sorszáma
Cells(i, 19) = Cells(14, 6) 'volumen
Cells(i, 20) = Cells(14, 7) 'ár
Cells(i, 21) = Abs(Cells(10, 4) - Cells(10, 2)) 'spread

'minden tranzakció egyik oldalán a specialista áll
If Cells(14, 3) = "Vétel" Then 'ha a bejövő ajánlat vételi volt
   Cells(i, 18) = "Eladás" 'a specialista eladott
End If
If Cells(14, 3) = "Eladás" Then 'ha a bejövő ajánlat eladási volt
   Cells(i, 18) = "Vétel" 'a specialista vásárolt
End If

End Sub
```

6. függelék: A kockázatos eszköz értékének változása

A kockázatos eszköz végső értékének két lehetséges kimenetelét $N \sim (100{,}5)$ eloszlásból veszi. A kódban v1 megfelel a modellben Θ_1-gyel jelölt változónak (egyik lehetséges kimenetel, μ valószínűséggel), v2 a Θ_2-ot (másik lehetséges kimenetel, 1-μ valószínűséggel), w pedig Θ^*-ot (a valódi végső kifizetés) jelöli.

```
Sub kockazatos_eszkoz()

u1 = 5 * Application.NormSInv(Rnd()) + 100 'egyik kimenet
   v1 = Application.Round(u1, 0)
u2 = 5 * Application.NormSInv(Rnd()) + 100 'másik kimenet
   v2 = Application.Round(u2, 0)
If v1 < v2 Then
   Cells(3, 1) = v1
   Cells(3, 2) = v2
Else
   Cells(3, 1) = v2
   Cells(3, 2) = v1
End If

w = Rnd()
mu = Cells(5, 1)
If w <= mu Then
   vi = v1
Else
   vi = v2
End If
Cells(3, 3) = vi 'valódi érték

End Sub
```

7. függelék: Az eredmények kiszámítása

Az "eredmények" szubrutin a tranzakciók naplójában található adatokkal dolgozik minden kör végén. A körök végi eredmények átlagát tartalmazza az *5. táblázat*, amit az *5.1. fejezetben* elemeztünk.

```
Sub eredmenyek()
'megkeressük, meddig tart az adatsor
a = 2
Do Until Cells(a, 17) = 0
   a = a + 1
Loop
'Vagyonnövekedés
Cells(2, 28) = Cells(a - 1, 25) - Cells(2, 25)
'Részvényállomány változás
Cells(3, 28) = Cells(a - 1, 24) - Cells(2, 24)
'Jutalék összege
jutalek = 0
   For i = 2 To a - 1
      jutalek = jutalek + Cells(i, 22)
   Next i
Cells(4, 28) = jutalek
'Tranzakciók száma
Cells(5, 28) = Cells(a - 1, 17)
'Minimum és maximum ár
minar = Cells(2, 20)
maxar = Cells(2, 21)
For i = 2 To a - 1
If Cells(i, 20) < minar Then minar = Cells(i, 20)
If Cells(i, 20) > maxar Then maxar = Cells(i, 20)
Next i
Cells(6, 28) = minar
Cells(7, 28) = maxar
'Vélemény a lambdáról a periódus végén
Cells(8, 28) = Cells(10, 9)
End Sub
```